

5F-03 「理科実験(物理)におけるコンピュータの利用(3)」

-ねじれ振り子による剛性率の自動計測-

○楠木 宏^A、 西岡 正泰^B

KUSUKI Hiroshi, NISHIOKA Masahiro

A伊勢市中島小, B三重大教育

剛性率、自動計測、コンピュータ、反射型光センサ、RS-232C

1. はじめに(自動計測の目的)

従来この実験は、望遠鏡と正確な時計を用いて、二人が共同して行わないと難しい実験であった。今回、ねじれ振り子の振動の周期 T を、反射型光センサとコンピュータの内部時計を用いて自動計測し、剛性率の計算もコンピュータで自動計算できるようにした。コンピュータを利用した自動計測を理科実験に使用するとき、次のようなメリットが考えられる。

- ①測定しながら実験データも同時に処理され、実験時間が大幅に短縮される。
- ②生徒は演示実験により、実験結果をリアルタイムで追跡しながら現象の変化を量的にとらえられるので、法則性を発見しやすい。
- ③試料や実験条件をいろいろ変え、多様な実験を精度良く見せることができる。

2. 剛性率実験の原理

おもりの円環を水平、鉛直にしたときのそれぞれの周期を T_1 、 T_2 、慣性モーメントをそれぞれ I_1 、 I_2 、とし、針金の半径を a とすれば、針金の剛性率 G は、

$$G = \frac{8\pi}{a^4} \cdot \frac{I_1 - I_2}{T_1^2 - T_2^2}$$

によって算出される。ただし、 I_1 、 I_2 は、円環の質量を M 、内半径および外半径をそれぞれ b 、 c 、厚さを d とすると、

$$I_1 = M \frac{b^2 + c^2}{2}$$

$$I_2 = M \left(\frac{b^2 + c^2}{4} + \frac{d^2}{12} \right)$$

で表される。

3. 自動計測装置

(1) 装置全体の原理

周期の自動計測装置のブロックダイヤグラムを図1に示す。この装置は、反射型光センサ、光電スイッチ回路、コンピュータ、5V直流電源回路から成り立っている。

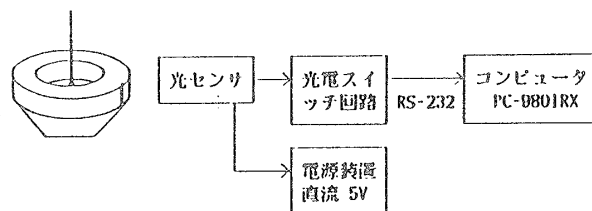


図1 ブロックダイヤグラム

ねじれ振動をしている円環上に設けた基準線が、反射型光センサの前面を通過する度に、光電スイッチ回路からパルスが出る。このパルス間の時間をコンピュータの内部時計で計測すると、振り子の周期が求められる。

周期の計測が終了後、針金の直径や長さ、円環の質量など各測定値を代入すると、瞬時に剛性率が計算され表示される。

(2) 測定機器の概要

① 反射型光電スイッチ

光センサには、光源の発光ダイオードとフォトランジスタが、セットになった反射型光センサを使用した(図2)。この反射型光センサは、おもりの円環には直接反応しないが、おもりに貼り付けられた細い線状のアルミテープには反応するように調整されている。このアルミテープが、光センサの前を通過する度に、

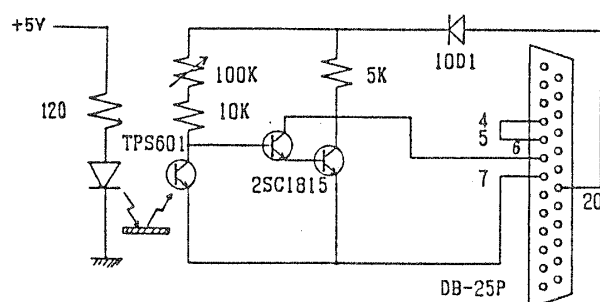


図2 反射型光電スイッチの回路図

パルス信号がコンピュータに入力される。光電スイッチから出た信号は、RS-232C端子のPIN6に入力する。この端子は、PC-9801 内部でシステムポートに接続されている。電源は PIN20から供給する。

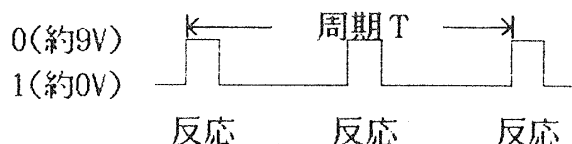
② コンピュータ：NEC, PC-9801RXを使用。

(3) ソフトウェア

ソフトは、MS-DOS, N88BASICを用いて作成した。数値の代入などには入力ミスを考慮し、再入力し直せるように、入力終了後には、入力間違いがないか確認するメッセージを入れた。

① 周期検出の原理

センサの前でおもりを捻り振動させると、RS-232C 端子に次のような信号が入力される。



プログラムはまず、円環上のアルミテープがセンサの前を初めて通過すると、時計をリセットする。そして、指定した回数だけ振動を計測すると計時は停止し、自動計算へと進むようになっている。なお、計時は内部タイマを使用して 1/100 秒まで行った。

② ソフトの流れ

ソフトは、まず反射型光センサが、規定通り設置できているか確認するために、予備測定を9回周期で行う。予備計測が支障なく行われると、円環水平方向で90回周期の本計測を行う(図3)。

次に、円環を鉛直方向に設置し、水平

方向と同じく9回周期の予備測定の後、90回周期の本計測を行う。水平方向および鉛直方向の計測が終わると、自動計算に入る。

【ねじれ振り子の剛性率】

91/04/23

【周期測定】

振動回数 N= 90.0 1165.29 秒

円環 水平方向

回数	時刻 (t ₁)	回数	時刻 (t ₂)	50T(t ₂ -t ₁)
0	0.00	50	647.44	647.440
10	129.50	60	776.90	647.400
20	259.00	70	906.37	647.370
30	388.49	80	1035.84	647.350
40	517.96	90	1165.29	647.330

平均の50T = 647.378 秒
平均周期 T = 12.9476 秒

図3 円環水平方向の測定例

4. 実験結果と考察

今回、コンピュータによる自動計測の例では、針金の剛性率は、 $G=8.01 \times 10^{11}$ (dyn/cm²)の結果が得られた(図4)。理科年表によると、鉄(鋼)の剛性率は、 8.0×10^{11} (dyn/cm²)で与えられている。この値と比較すると、今回の測定値は非常によい値を示していることがわかる。

この自動計測装置を用いることにより、実験の労力が大幅に削減され、測定の回数を重ねることも可能になった。その結果、剛性率の測定値が、ほぼ一定した値が出るようになった。

従来から行われてきたように、まず手で周期測定の実験を行った後で、引続き今回の自動計測装置で再実験を行えば、両実験の測定値を比較することができる。その結果、今回の自動計測が、いかに正確で便利なものであるかがよくわかる。

【ねじれ振り子の剛性率を求める計算】

$$\begin{aligned} \text{円環水平の慣性モーメント } I_1 &= M \frac{b^2 + c^2}{2} \\ \text{円環鉛直の慣性モーメント } I_2 &= M \left(\frac{b^2 + c^2}{4} + \frac{d^2}{12} \right) \end{aligned}$$

次の数値を代入して、リターンキーを押さない。

$$\begin{aligned} \text{円環の質量: } M &= 8405 \text{ (g)} & \text{円環の外半径: } b &= 9.5 \text{ (cm)} \\ \text{円環の内半径: } c &= 6.5 \text{ (cm)} & \text{円環の厚さ: } d &= 0 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

$$I_1 = 225581$$

$$I_2 = 115344$$

$$\text{剛性率: } G = 8.007 \times 10^{11} \text{ (dyn/cm}^2\text{)}$$

図4 剛性率の自動計算例